

UNA PROPUESTA INTEGRADORA DE INVESTIGACIÓN Y EVALUACIÓN EN EL AULA A TRAVÉS DE LOS NIVELES DOK DE PROFUNDIDAD DE CONOCIMIENTO

Francisco Benjumeda
IES El Parador

Isabel Romero, Antonio Codina
Universidad de Almería

RESUMEN: Desarrollar procesos de pensamiento de orden superior en el alumnado es una demanda actual, tanto en el ámbito curricular como en el ámbito de la investigación. Bajo el paradigma de la investigación de diseño, se presenta un experimento de enseñanza colaborativo entre profesorado de secundaria e investigadores universitarios, en el que ciencias, matemáticas y tecnología se integran en un proyecto interdisciplinar. Se utilizan los marcos de la evaluación formativa y de los niveles de pensamiento DOK (Depth of Knowledge) para: (a) graduar el nivel de complejidad de las capacidades que se persigue que el alumnado desarrolle por medio de la realización del proyecto; (b) guiar el diseño de la secuencia de tareas que lo articulan; (c) evaluar el aprendizaje del alumnado; y (d) evaluar el diseño del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Evaluación formativa, niveles DOK, Investigación de diseño, Secundaria, Proyectos interdisciplinarios.

OBJETIVOS: Pretendemos mostrar cómo se consigue combinar docencia e investigación en el aula a través del diseño, puesta en práctica y evaluación de un proyecto interdisciplinar en el que se integran las asignaturas del ámbito científico-tecnológico en 2º de E.S.O. Para ello, nos planteamos los siguientes objetivos:

- Presentar parte del proyecto interdisciplinar, especificando cómo se combinan los indicadores de evaluación, el diseño de la secuencia de tareas que lo integran, y el proceso de evaluación formativa puesto en juego.
- Explicitar cómo los niveles DOK informan el diseño de tareas y el resultado de implementarlas, a nivel de aprendizaje del alumnado y del diseño inicial.

MARCO TEÓRICO

Los currículos actuales demandan un modelo de enseñanza que promueva el desarrollo de procesos de pensamiento de orden superior en el alumnado. Sin embargo, la dificultad de plantear una evaluación

acorde a estas propuestas suele provocar la exclusión de tareas que promuevan el razonamiento, la comunicación y la resolución de problemas, en favor de actividades y destrezas más “mecánicas”. Además de alinear estándares y criterios de evaluación, articular una propuesta evaluativa que satisfaga estas características requiere encontrar marcos de referencia consistentes que lo sustenten.

En primer lugar, se consideran aspectos relevantes que deben caracterizar una evaluación formativa (Sanmartí, 2007; Goos, 2014):

1. Su finalidad principal es la regulación tanto de la enseñanza como del aprendizaje.
2. Ha de integrarse en la instrucción mediante un proceso de realimentación continua.
3. El alumnado ha de implicarse activamente en su propio proceso de evaluación.
4. Los objetivos de aprendizaje y los criterios de evaluación deben ser compartidos. Los juicios deben basarse en el criterio y la evidencia.
5. Evaluar es una condición necesaria para mejorar la enseñanza: debe proporcionar información que permita juzgar la calidad del currículo aplicado, con el fin de mejorar la práctica docente y la teoría que la sustenta.

En segundo lugar, se consideran los Niveles de Profundidad de Conocimiento (DOK) formulados por Webb (1997), ya utilizados para valorar la alineación de evaluaciones a gran escala con estándares curriculares (Webb, Herman y Webb, 2007), y para favorecer en el aula procesos de aprendizaje acordes a dichos estándares (Hess, Jones, Carlock y Walkup, 2009). Aunque integran los niveles de pensamiento de Bloom (memoria, comprensión, aplicación, análisis, síntesis, evaluación y creatividad), en ellos no se determina la profundidad de conocimiento por un verbo, sino por el contexto en que se plantea la tarea y la profundidad con la que el alumno necesita conocer el contenido para darle respuesta. La tabla 1 describe y ejemplifica sucintamente estos niveles:

Tabla 1.
Niveles de Profundidad de Conocimiento

NIVELES	CARACTERIZACIÓN	EJEMPLO DE TAREAS
I. Pensamiento Memorístico	Reconoce datos e información para memorizar. Recuerda definiciones y realiza procedimientos rutinarios. Usa fórmulas, procedimientos o reglas en contextos iguales/ similares a como los aprendió.	Describir características de las rocas ígneas. Hallar perímetro y área de un rectángulo dada su base y su altura.
II. Pensamiento de Procesamiento	Compara y contrasta ideas. Extiende y aplica sus conocimientos. Formula reglas y explica conceptos en sus propias palabras.. Organiza información o ideas. Cita evidencias y desarrolla argumentos lógicos y válidos para sostener o justificar sus ideas. Explica un fenómeno en términos conceptuales.	Describir diferencias entre rocas metamórficas y rocas ígneas (sin le sean “enseñadas” de memoria). Caracterizar los poliedros regulares a partir de su observación y el contraste con otros no regulares.
III. Pensamiento Estratégico	Crea, revisa y analiza organizadores gráficos para explicar y justificar relaciones entre ideas o conceptos. Establece y explica o justifica relaciones de causa y efecto. Extiende y aplica lo aprendido al resolver problemas no vistos antes. Justifica y explica lo que sabe mediante análisis de situaciones, usando información relevante de fuentes variadas.	Describir un modelo para representar las relaciones que existen en el ciclo de las rocas. Aplicar conocimiento sobre funciones para predecir el comportamiento de un fenómeno.
IV. Pensamiento Extendido	Desarrolla y completa un proyecto o tarea que requiere planificación, desarrollo y razonamiento complejo. Relaciona ideas de varias disciplinas, y las explica y justifica en un período extenso de tiempo usando argumentos amplios y válidos. Localiza y usa distintas fuentes o recursos para argumentar y justificar ideas. Demuestra que aprende por iniciativa propia.	Usar resultados y argumentos científico-matemáticos, derivados de la experimentación y el análisis de gráficas, para diseñar y explicar las características de un modelo de edificio eficientemente energético de creación propia

METODOLOGÍA

La perspectiva de los docentes es un factor central para generar comprensión sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje en las clases (Doerr y Tinto, 2000), y ese potencial sale a la luz cuando se convierten en investigadores. La investigación de diseño permite la colaboración entre docentes y personal investigador universitario con beneficio para ambas partes, ya que posibilita a los primeros capitalizar el potencial del conocimiento teórico para los propósitos de la práctica, y a los segundos comprender mejor la viabilidad del conocimiento didáctico aplicado a la problemática del aula.

La investigación de diseño surge como respuesta a la necesidad de diseñar proyectos de enseñanza-aprendizaje con fortaleza científica que generen formas de razonamiento diferentes de las habituales en el aula. Constituye una especie de ingeniería didáctica basada tanto en la construcción del conocimiento del alumnado, como en las estructuras disciplinares relevantes para el aprendizaje (Wittmann, 1995). El diseño, de carácter cíclico, está informado por marcos teóricos que ayudan a interpretar los datos generados a partir de múltiples fuentes de evidencia, que permiten generar conjeturas “testables” de mejora a partir de un análisis retrospectivo y de los realizados durante el proceso.

Dentro de este paradigma, este estudio forma parte de un experimento de enseñanza (Molina, Castro y Castro, 2011) llevado a cabo en el IES El Parador (Almería), donde el trabajo de las asignaturas científico-tecnológicas de 1º y 2º de ESO se integra en el sistema interdisciplinar de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) del centro. Presentamos parte del diseño, implementación y evaluación de un ciclo del experimento llevado a cabo con 24 estudiantes de 2º de ESO, cuyo profesor es miembro del equipo de investigación junto a dos investigadores universitarios.

Los proyectos¹ giran en torno a una temática global en la que el alumnado, organizado en equipos colaborativos, elabora un producto final durante semanas. Desde el ámbito científico-tecnológico, este producto se desarrolla a través de tareas complejas abiertas que implican la investigación, la resolución de problemas auténticos, el diseño de estrategias y/o experimentos, la recogida de datos, la reflexión, la comunicación, el debate de ideas, y el uso de las TIC (Blumenfeld, Soloway, Marx, Krajcik, Guzdial y Palincsar, 1991). Se acompañan de actividades procedimentales propias de cada materia.

El proyecto “Ciudad Sostenible”, utilizado en este estudio, trabaja los bloques de energía, calor y temperatura, el uso de gráficas o diagramas y conocimientos de medida, proporcionalidad y escalas. En el producto final cada equipo expone, ante un comité de expertos, propuestas de sostenibilidad energética y medioambiental para su barrio, y un modelo propio de edificio bioclimático cuyas características y arquitectura se presentan mediante un dossier, un plano y una maqueta.

Partiendo de los criterios de evaluación, estándares y contenidos establecidos en el currículo, y una revisión de la literatura (Núñez, Banet y Cordon, 2009), se genera un listado de capacidades que se relacionan con la secuencia de tareas¹, incluyendo los niveles DOK establecidos a priori para cada una (figura 1).

1. El material didáctico (tareas, secuenciación, etc.) y de investigación al que se refiere esta comunicación está disponible en: www.abpmates.es

SECUENCIA DE TAREAS		Tarea 1	Ficha 1	Tarea 2	Ficha 2	Tarea 3	Tarea 4	Ficha 3	Ficha 4	EDIFICIO
SOY CAPAZ DE... ?		Ahorro energía	Consumo eléctrico IES	COMPASS Calor en vivienda	Gráfica agua y aceite	Modelo edificio eficiente	Orientar muros y ventanas	Análisis de resultados	Funciones y gráficas	Diseño medidas ahorro
C1	Reconocer las variables que aparecen en la gráfica y sus ejes, unidades y escalas	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1
C2	Leer y encontrar determinados valores en la gráfica relacionando las variables	N1 N2	N1	N1	N1 N2	N1		N1	N1 N2	N1
C3	Entender el significado de una pendiente más o menos pronunciada en la gráfica	N2		N2	N3			N2	N2 N3	N2
C4	Identificar/predecir patrones y tendencias en la gráfica, entendiendo el significado	N3		N2	N3	N2		N2	N2 N3	N2
C5	Encontrar y explicar alguna relación entre las variables a partir de la gráfica	N1 N2	N1	N1	N1 N2	N1	N1	N1	N1 N2	N1 N2
C6	Encontrar y explicar relaciones entre los elementos y curvas de la gráfica	N3			N3	N2	N2	N3	N2 N3	N3
C7	Explicar fenómenos y extraer conclusiones de la información aportada por la gráfica	N3	N2	N3	N3	N2		N3	N2 N3	N3 N4
C8	Trasladar los resultados de esta gráfica a otras situaciones o fenómenos parecidos	N3		N3		N3		N3	N3	N3 N4
C9	Construir una gráfica a partir de una tabla de valores		N1				N1	N1		
C10	Utilizar y construir adecuadamente los ejes de una gráfica y su escala correspondiente						N1	N1		
C11	Dibujar gráficas y utilizarlas para explicar determinadas situaciones		N2	N3			N2	N2	N2	
C12	Reconocer cuando una gráfica no está bien construida explicando los motivos	N3				N3			N3	

Fig. 1. Capacidades, secuenciación, tareas y niveles DOK del bloque de funciones y gráficas

Primando la adquisición de las capacidades esenciales, (N1 y parte de las N2), la secuenciación pretende un desarrollo progresivo del resto de capacidades según su nivel de complejidad. Además, para propiciar una evaluación continua y formativa, esta tabla (sin la clasificación en niveles) es entregada a cada estudiante que, a través de un sistema de semáforos, comunica su percepción del grado de desarrollo de las capacidades en cada tarea: una casilla verde indica que cree superada esa meta de aprendizaje; amarilla, que no está del todo dominada, y roja, que cree no haberla superado. El procedimiento permite al docente contrastar esa información con distintas evidencias recogidas en la realización de la tarea y utilizarla para realimentar a los estudiantes, proporcionar las ayudas necesarias, y hacer los reajustes pertinentes en la planificación. Además, el material recogido permite un análisis a posteriori que redundará en el diseño de tareas y su secuenciación con vistas a la implementación en un próximo ciclo.

RESULTADOS

El análisis de la valoración realizada por el profesor, en contraste con las tablas de evaluación rellenas por el alumnado, ofrecen resultados sobre el grado de consecución de las capacidades y los niveles DOK del grupo investigado (figura 2).

GRADO DE CONSECUCCIÓN DE CAPACIDADES POR NIVELES DOK															
VALORACIÓN PROFESOR															
Nivel DOK	N1	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N2	N3	N3	N3			
Capacidad	C1	C2	C5	C9	C10	C3	C4	C11	C12	C6	C7	C8	TOTALES		
Nº medio tareas	7,68	4,36	7,68	1,68	1,68	5,36	6,00	2,68	2,41	5,23	6,68	4,41	N1	N2	N3
CEROS	1	2	0	0	0	8	1	0	9	6	4	9	3	18	19
UNOS	34	29	36	4	23	41	63	24	29	40	63	62	126	157	165
DOSES	134	65	133	33	14	69	68	35	15	69	80	26	379	187	175
% CEROS	0,59	2,08	0,00	0,00	0,00	6,78	0,76	0,00	16,98	5,22	2,72	9,28	0,59	4,97	5,29
% UNOS	20,12	30,21	21,30	10,81	62,16	34,75	47,73	40,68	54,72	34,78	42,86	63,92	24,80	43,37	45,96
% DOSES	79,29	67,71	78,70	89,19	37,84	58,47	51,52	59,32	28,30	60,00	54,42	26,80	74,61	51,66	48,75

VALORACIÓN ALUMNADO															
Nivel DOK	N1	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2	N2	N3	N3	N3			
Capacidad	C1	C2	C5	C9	C10	C3	C4	C11	C12	C6	C7	C8	TOTALES		
Nº medio tareas	8,59	4,82	8,64	1,82	1,82	5,82	6,82	2,77	2,95	5,82	7,68	4,91	N1	N2	N3
CEROS	1	3	4	0	1	1	3	1	3	3	1	3	9	8	7
UNOS	41	24	73	10	17	43	75	25	35	47	78	52	165	178	177
DOSES	149	80	114	31	23	85	73	36	28	79	91	54	397	222	224
% CEROS	0,52	2,80	2,09	0,00	2,44	0,78	1,99	1,61	4,55	2,33	0,59	2,75	1,58	1,96	1,71
% UNOS	21,47	22,43	38,22	24,39	41,46	33,33	49,67	40,32	53,03	36,43	45,88	47,71	28,90	43,62	43,38
% DOSES	78,01	74,77	59,69	75,61	56,10	65,89	48,34	58,06	42,42	61,24	53,53	49,54	69,52	54,42	54,90

LEYENDA:

Grados de Consecución

CEROS: Capacidad no superada

UNOS: Capacidad no del todo superada

DOSES: Capacidad superada

Fig. 2. Resultados de las percepciones de profesor y alumnado sobre el grado de consecución de las Capacidades del bloque “Funciones y Gráficas” por Niveles DOK

Ponderando cada capacidad con la media de tareas que la trabajan, se han calculado porcentajes de consecución globales de los tres primeros niveles DOK. Excepto en tres capacidades, hay gran coincidencia entre alumnado y profesor en los grados de consecución y en los porcentajes globales de logro por niveles DOK. Estos totales muestran un porcentaje de fracaso [Ceros] inferior al 6% en los tres niveles, y buenos porcentajes de éxito [Doses] en las de nivel N1 (70-75%), lo cual refleja que las capacidades esenciales han sido alcanzadas por la gran mayoría del alumnado. Se obtienen porcentajes de éxito aceptables y muy similares (50-55%) en los niveles N2 y N3. La consecución de las capacidades de nivel N4 son valoradas globalmente en el producto final y no se incluyen en este análisis por tareas.

La figura 3 ofrece un análisis más exhaustivo de los datos, junto con las implicaciones que se derivan para el diseño. Por limitaciones de espacio, nos detendremos sólo en el detalle de que las capacidades C4 y C7 muestran discordancia, en algunas tareas en las que se desarrollan, entre el nivel de complejidad previsto y el mostrado por parte del alumnado. Esto plantea la necesidad de revisar dichas capacidades para afinar el tipo de demandas que implican y reformular las tareas en consecuencia.

Capacidades		GC	NE	ANÁLISIS	IMPLICACIONES PARA EL DISEÑO
NIVEL I	C1	P \cong A	A	-Suficientes tareas trabajadas.	-Posibilidad de reducir tareas con capacidades de alta posibilidad de éxito temprano, en favor de otras más complejas.
	C2	P \cong A	A	-Puestas en práctica en cursos anteriores.	
	C9	P \cong A	A	-Secuenciación apropiada.	
	C5	P $>$ A	A	-Suficientes tareas trabajadas. -Incomprensión del significado en el contexto de cada tarea. -Complejidad muy determinado por tipo de tarea y su apropiada secuenciación.	-Analizar la tipología de tareas que las trabajan y la gradación de complejidad en la secuencia de tareas que las desarrollan. -Posible reformulación.
	C10	P $<$ A	B	-Insuficientes tareas trabajadas.	-Incrementar tareas de aplicación.
NIVEL II	C3	P \cong A	A	-Suficientes tareas trabajadas	-Incrementar tareas de aplicación graduando nivel de dificultad por otras de N1 superadas para mejorar resultados.
	C11	P \cong A	A	-Capacidades esenciales N2 conseguidas. -Secuenciación apropiada.	
	C4	P \cong A	M	-Suficientes tareas trabajadas. -Complejidad muy determinada por tipo de tarea y su apropiada secuenciación. -Incomprensión del significado en el contexto de cada tarea.	-Analizar la tipología de tareas que las trabajan, la gradación de complejidad en la secuencia de tareas que las desarrollan. -Posible reformulación.
	C12	P \cong A	B	-Insuficientes tareas trabajadas. -Requiere tareas específicas	-Eliminar como capacidad o reformular junto a C4 y C7 con las que está relacionada
NIVEL III	C6	P \cong A	A	-Suficientes tareas trabajadas -Puestas en práctica en cursos anteriores -Secuenciación apropiada	-Posibilidad de reducir tareas con capacidades de alta posibilidad de éxito temprano, en favor de otras más complejas
	C7	P \cong A	M	-Suficientes tareas trabajadas. -Complejidad muy determinada por tipo de tarea y su apropiada secuenciación. -Incomprensión del significado en el contexto de cada tarea.	-Analizar la tipología de tareas que las trabajan, la gradación de complejidad en la secuencia de tareas que las desarrollan. -Posible reformulación.
	C8	P $<$ A	B	-Capacidad N3 muy compleja. -Requiere gran comprensión de capacidades inferiores y otras destrezas avanzadas (análisis, argumentación, extrapolación de datos, etc.)	-Analizar la tipología de tareas que las trabajan y la gradación de complejidad en la secuencia de tareas que las desarrollan. -Incrementar tareas de aplicación

LEYENDA:
(GC) Coincidencia Grados de Consecución
P \cong A: Diferencia entre percepción de logro de alumnado y profesor inferior a un 15%
P $<$ A: %Dosis en valoración del profesor muy por debajo de la del alumnado
P $>$ A: %Dosis en valoración del profesor muy por encima de la del alumnado
(NE) Niveles de Éxito
Alto: A Porcentaje de Dosis superior (>20%) a la suma del resto de grados (Ceros+Unos)
Medio: M Porcentaje de Dosis semejante a la suma del resto de grados (Ceros+Unos)
Bajo: B Porcentaje de Dosis inferior a la suma del resto de grados (Ceros+Unos)

Fig. 3. Análisis por Capacidades y Niveles DOK asociados

CONCLUSIÓN

Diseñar este tipo de proyectos interdisciplinarios que deriven hacia productos de calidad, requiere una planificación docente reflexiva y coordinada que, cumpliendo con las exigencias curriculares de las materias implicadas, genere una secuencia bien estructurada, integradora y coherente de tareas. Con estas premisas, las características del ABP hacen posible el desarrollo de niveles altos de profundidad de pensamiento en el alumnado. Además, un sistema de evaluación integrado en el proceso permite valorar el grado de consecución de capacidades y niveles DOK de los estudiantes y mejorar el diseño.

En esta comunicación hemos mostrado cómo la sinergia entre modelos conceptuales y metodológicos (ABP, evaluación formativa, niveles DOK, metodologías cuantitativas y cualitativas) en la inves-

tigación de diseño puede contribuir a acercar investigación y docencia, en términos de tiempo (ambas se realizan simultáneamente), de personal implicado (docente versus investigador), y de lenguaje utilizado (teórico versus aplicado). De esta forma pueden diseñarse, a partir de marcos teóricos, modelos que permitan mejorar la práctica educativa y los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Experimentos de enseñanza como el expuesto ofrecen la ventaja, frente a intervenciones de investigadores ajenos en el aula, de que no se producen en un limitado periodo de tiempo, sino a lo largo de todo un proceso en el que el propio profesor simultanea docencia e investigación. Integrar ambos papeles impone una fuerte demanda de trabajo que no es compensada a nivel institucional. Además, estos resultados se circunscriben al contexto en que se realiza el experimento², por lo que la puesta en práctica del diseño en contextos diferentes requerirá realizar adaptaciones y conjeturas particulares que puedan testarse en el entorno correspondiente.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto P11-SEJ-07385 (@Sensociencia)

BIBLIOGRAFÍA

- BLUMENFELD P. C., SOLOWAY E., MARX R. W., KRAJCIK J. S., GUZDIAL M., PALINCSAR A. (1991). Motivating Project-Based Learning: sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 369-398.
- DOERR, H. M. y TINTO, P. P. (2000). Paradigms for teacher-centered classroom-based research. En A. Kelly y R. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 403-427). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- GOOS, M. (2014). Mathematics classroom assessment. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 413-417). Dordrecht, Holanda: Springer.
- HESS, K.K., JONES, B.S., CARLOCK, D. y WALKUP, J.R. (2009). Cognitive rigor: blending the strengths of Bloom's taxonomy and Webb's Depth of Knowledge to enhance classroom-level processes. *ERIC Database* (ED517804).
- MOLINA, M., CASTRO, E., MOLINA, J. L. y CASTRO, E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(1), 75-88.
- NÚÑEZ, F., BANET, E., CORDÓN, R. (2009). Capacidades del alumnado de educación secundaria obligatoria para la elaboración e interpretación de gráficas. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(3), 447-462.
- SANMARTÍ, N. (2007). *Diez ideas clave. Evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.
- WEBB, N. L. (1997). Criteria for alignment of expectations and assessments on mathematics and science education. Research monograph Number 6. *ERIC Database* (ED414305).
- WEBB, N. M., HERMAN, J. L. y WEBB, N. L. (2007). Alignment of mathematics state-level standards and assessments: the role of reviewer agreement. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 26, 17-29.
- WITTMANN, E. (1995). Mathematics education as a design science. *Educational Studies in Mathematics*, 29, 355-374.

2. www.ieselparador.com

